

Original document

ELECTROMAGNETIC ACTUATOR AND STAGE DEVICE

Publication number: JP2000114034

Publication date: 2000-04-21

Inventor: KIKUCHI TOSHIHIDE; OYAMAGUCHI MAKIKO

Applicant: NIPPON KOGAKU KK

Classification:

- international: **H01F7/06; G03F7/20; H02K41/02; H01F7/06; G03F7/20; H02K41/02;**
(IPC1-7): H01F7/06

- European:

Application number: JP19980281865 19981005

Priority number(s): JP19980281865 19981005

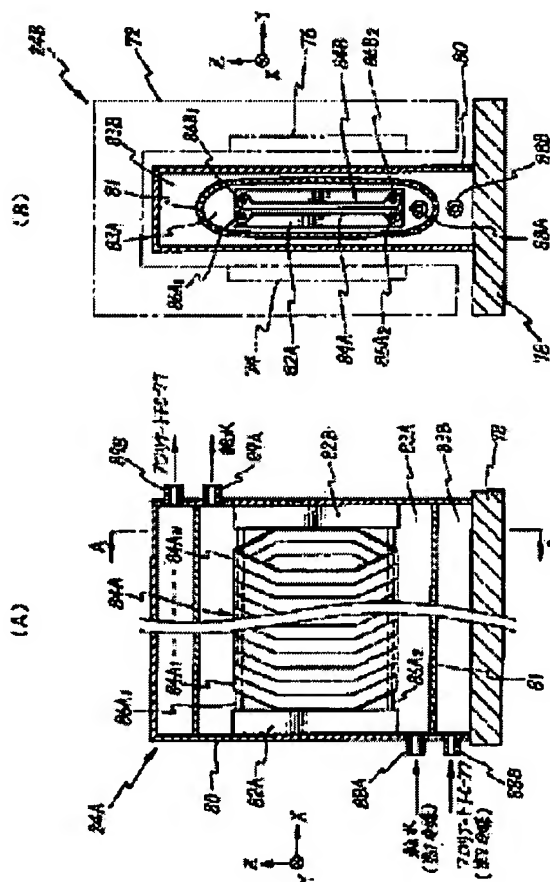
[View INPADOC patent family](#)

[View list of citing documents](#)

[Report a data error here](#)

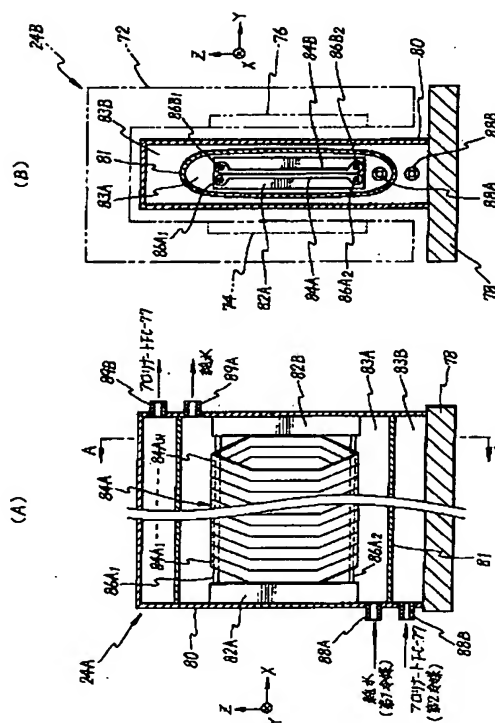
Abstract of JP2000114034

PROBLEM TO BE SOLVED: To efficiently cool an armature unit and to reduce the heat transfer to the circumference from the unit by arranging a partition member for forming such a space that thermally insulates a cooling space which houses armature coils and is partially cooled from the external space. **SOLUTION:** An armature unit 24A is provided with an armature base 78 made of a nonmagnetic metal, resin, etc., and a hollow rectangular parallelepiped can 80 made of a nonmagnetic material and has one opened face which is fixed to the +Z direction side surface of the base 78. The closed space formed of the base 78 and can 80 is divided into a cooling space 83a and a heat insulating space 83B by a partition member 81. The surface of the member 81 on the heat insulating space 83B side is finished to a specular surface and a flat coil group 84A composed of N pieces flat coils 84A1,..., 84AN and another flat coil group 84B also composed of N pieces of flat coils are arranged in the cooling space 83A, with the group 84B being arranged in the +Y direction



of the group 84a. Therefore, the heat generated from the armature coils can be removed and isolated effectively, because the heat is removed in the cooling space 83a and the internal space is thermally isolated from the external space by the heat insulating space.

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 内部空間を有し、該内部空間に電機子コイルを収納する電機子ユニットを備える電磁アクチュエータにおいて、

前記内部空間には、前記電機子コイルを収納し、少なくとも一部が冷却される冷却空間と、前記内部空間を外部空間と断熱する断熱空間とを形成する仕切り部材が配設されていることを特徴とする電磁アクチュエータ。

【請求項 2】 前記冷却空間は所定方向に延びた空間であり、少なくとも前記所定方向に直交する任意の断面で見るときに、前記冷却空間は前記断熱空間によって取り囲まれていることを特徴とする請求項 1 に記載の電磁アクチュエータ。

【請求項 3】 前記冷却空間には冷媒が供給され、前記仕切り部材の前記冷却空間側の壁面は、少なくともその壁面に沿った前記冷媒の流れが乱流となる表面粗さとされていることを特徴とする請求項 1 に記載の電磁アクチュエータ。

【請求項 4】 前記仕切り部材の前記断熱空間側の壁面は、鏡面加工されていることを特徴とする請求項 1 に記載の電磁アクチュエータ。

【請求項 5】 ステージを所定の移動面に沿って移動させるステージ装置であって、請求項 1～4 のいずれかに記載の電磁アクチュエータを含み、前記ステージを駆動する駆動装置と；前記電磁アクチュエータの前記冷却空間及び前記断熱空間に、前記第 1 冷媒及び前記第 2 冷媒をそれぞれ供給する冷媒供給装置とを備えるステージ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電磁アクチュエータ及びステージ装置に係り、より詳しくは、電磁気的な相互作用による力によって駆動力を得る電磁アクチュエータ及び該電磁アクチュエータによってステージを駆動するステージ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、半導体素子、液晶表示素子等を製造するためのリソグラフィ工程では、マスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）に形成されたパターンを投影光学系を介してレジスト等が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の基板（以下、適宜「感応基板又はウエハ」という）上に転写する露光装置が用いられている。こうした露光装置としては、いわゆるステップ等の静止露光型の投影露光装置や、いわゆるスキャニング・ステップ等の走査露光型の投影露光装置が主として用いられている。これらの種類の投影露光装置では、レチクルに形成されたパターンをウエハ上の複数のショット領域に順次転写する必要から、ウエハを保持して 2 次元移動可能なウエハステージが設けられている。また、走査露光型の投影露光装置の場合には、レチクル

を保持するレチクルステージも走査方向に移動可能となっている。

【0003】近年の投影露光装置においては、レチクルステージ、ウエハステージ等の駆動源としていわゆるリニアモータ、ボイスコイルモータ等の電磁アクチュエータが使用されている。これは、電磁アクチュエータは、構造が簡易で部品点数が少なく済み、駆動における摩擦抵抗が少ないために動作精度が高く、また、直接的に直線駆動するので移動動作を迅速に行うことができるという利点を有しており、レチクルステージ、ウエハステージ等に関するスループットや位置決め精度の向上の要請に応えるのに適しているからである。

【0004】かかる電磁アクチュエータの構成要素であるコイルに電流を流すと、コイル自身の内部抵抗により発熱する。これにより、コイル自身の内部抵抗値が温度とともに変化し、また、発生した熱は、周囲空間において空気の揺らぎを発生させたり、周辺機器に伝わり熱変形を起こしたりする原因となる。したがって、精密な位置測定を光干渉計を用いて行い、精密な位置決めを行う露光装置においては、レチクル、ウエハ等を載置するステージの駆動機構等の電磁アクチュエータを効果的に冷却する工夫がなされている。例えば、コイル周辺にコイル冷却用の冷媒を流す方式や、コイルと周辺部材との間に断熱材を配置する方式が提案されている（特許第 2661092 号の公報）。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、投影露光装置におけるレチクルステージやウエハステージでは、スループットを向上させるため、できるだけ短時間で所定位置に位置決めさせることが要求されるので、高速で安定して移動でき、急激な加減速でも変形や振動を生じないように高い剛性を持たせる必要がある。このため、ステージの質量は大きくならざるを得ず、ステージの駆動に用いる電磁アクチュエータには、重いステージを大きな加速度で駆動できるだけの推力性能が要求されている。かかる要求に応じて電磁アクチュエータの推力性能を向上させるには、大きな電磁気的な力を発生させる必要がある。例えば、ローレンツ電磁力方式を採用する場合には、ローレンツ電磁力を発生させる電流経路を流れる電流を大きくする、磁束と交差する電流経路の長さすなわち有効電線長を長くする、あるいは磁束密度を高くすることが考えられる。また、可変磁気抵抗方式を採用する場合にも、発生する力を大きくするためには、電磁石のコイル電流を大きくしたり、コイルの巻き数を多くして電磁石の磁力を高めたり、対向する磁極間の界磁空隙における磁束密度を高めることが考えられる。

【0006】ここで、界磁空隙における磁束密度を高めるには、各界磁石の磁力を高めたり、界磁空隙の幅を狭めたりすることが考えられる。しかし、界磁石の磁力は、量産性の観点から選択される材質の物性からみて

最大限にまで高められており、また、界磁空隙の幅を狭めると冷媒経路の断面積が小さくなり、十分な冷媒量を確保できず冷却能力の低下を招くことになり、上記のような位置測定精度の低下や露光精度の低下を招くことになる。

【0007】そこで、コイルを流れる電流を大きくしたり、コイルの有効電線長を長くすることが現実的であるが、かかる場合にはコイルの発熱量が増大することにもなる。したがって、従来と同様の電磁アクチュエータの構成のままで、コイルを流れる電流を大きくしたり、コイルの有効電線長を長くすると、コイルで発生した熱の周囲への伝達量が増加してしまうことになり、周囲の雰囲気中の気体に揺らぎを生じさせて屈折率の変動を生じさせたり、大きな熱量が周辺部材に伝達してステージの熱膨張を引き起こす原因となったりする。これを防止するために、冷媒の流通経路を大きくしたり、十分な断熱材を挿入したりすると、電磁アクチュエータが大型化してしまう。

【0008】本発明は、かかる事情の下になされたものであり、その第1の目的は、効率的な電機子ユニットの冷却とその周囲への熱伝達の低減を図ることが可能なリニアアクチュエータを提供することにある。

【0009】また、本発明の第2の目的は、精度良く位置制御が可能なステージ装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の電磁アクチュエータは、内部空間を有し、該内部空間に電機子コイル（84A₁、…、84B₁、…）を収納する電機子ユニットを備える電磁アクチュエータにおいて、前記内部空間には、前記電機子コイル（84A₁、…、84B₁、…）を収納し、少なくとも一部が冷却される冷却空間（83A）と、前記内部空間を外部空間と断熱する断熱空間（83B）とを形成する仕切り部材（81）が配設されていることを特徴とする。

【0011】これによれば、冷却空間において電機子コイルを主に冷却するとともに、断熱空間によって電機子コイルで発生した熱を電機子ユニットの周囲の外部空間と断熱する。すなわち、電機子ユニットにおいてなされるべき冷却機能と断熱機能とに関して、冷却空間において冷却機能を、また、断熱空間において断熱機構を行うことにより、各空間について主に果たされるべき機能が分担されるので、電機子コイルで発生した熱の除去と断熱とを効率的に行うことができる。例えば、冷却空間に冷却機能が優れた冷媒を供給し、断熱空間に断熱機能を有した流体を供給若しくは断熱空間を真空にすることにより、従来のように電機子コイルが収納された内部空間が区画されずに1種類の冷媒流を使用して冷却及び断熱を行なう場合と比べて、効率的な冷却及び断熱を行うことができるので、周囲雰囲気や周辺部材への熱の影響を効果的に防止しつつ、電機子ユニットの磁界中における

幅を低減したり、電機子コイルの有効電線長を長くしたり、電機子コイルへの供給電流を増加させて、推力性能を向上することができる。

【0012】本発明の電磁アクチュエータでは、前記冷却空間は所定方向に延びた空間であり、少なくとも前記所定方向に直交する任意の断面で見たとときに、前記冷却空間は前記少なくとも1つの断熱空間によって取り囲まれていることが望ましい。かかる場合には、所定方向の直交方向に関し、冷却空間と収納部材との間には必ず断熱空間が介在するので、電機子コイルで発生した熱を外部へ漏らさないことが一層効果的に達成される。

【0013】また、本発明の電磁アクチュエータでは、冷却空間に冷媒が供給される場合には、前記仕切り部材の前記冷却空間側の壁面は、少なくともその壁面に沿った前記第1冷媒の流れが乱流となる表面粗さとされていることが望ましい。かかる場合には、冷却空間における冷媒の流れの乱流化が助長されるので、電機子コイルで発生した熱を効率良く冷媒に伝達することができるので、該冷媒によって電機子コイルを効率良く冷却することができる。

【0014】また、本発明の電磁アクチュエータでは、断熱空間に冷媒が供給される場合には、前記仕切り部材の前記断熱空間側の壁面は、鏡面加工されていることが望ましい。かかる場合には、断熱空間における冷媒の流れを層流化することが容易となるので、該冷媒の流れによる断熱機能を容易に達成することができる。更に、層流化によって輻射熱に対しても有効な断熱機能を果たすことができる。

【0015】なお、本発明の電磁アクチュエータは、駆動方向が所定の軸方向であるリニアアクチュエータであってもよいし、駆動方向が2次元方向である平面アクチュエータであってもよい。さらに、駆動力の発生方式は、ローレンツ電磁力方式であってもよいし、可変磁気抵抗方式であってもよい。

【0016】また、コイルの冷却を主目的として使用される冷媒は、熱伝導率、比熱、熱容量が大きいものが好ましく、また、コイルの発生熱の断熱を主目的として使用される冷媒は前記の冷媒と比べて、熱伝導率、比熱、熱容量が小さいものが好ましい。

【0017】本発明のステージ装置は、ステージ（38）を所定の移動面に沿って移動させるステージ装置であって、前記ステージ（38）を駆動する請求項1～4のいずれかに記載の電磁アクチュエータ（24、26、32、34）を含む駆動装置（10）と；前記電磁アクチュエータ（24、26、32、34）の前記冷却空間（83A）及び前記断熱空間（83B）に、前記第1冷媒及び前記第2冷媒をそれぞれ供給する冷媒供給装置（71A、71B）とを備える。

【0018】これによれば、冷媒供給装置が、本発明の冷却空間及び断熱空間に第1冷媒及び第2冷媒をそれぞ

れ供給しつつ、駆動装置が本発明の電磁アクチュエータによってステージを移動させる駆動力を発生するので、電磁アクチュエータのコイルの冷却と断熱とが効率良く行われ、ステージの周囲の空気に熱による揺らぎやステージの熱膨張を抑制しつつステージを駆動することができる。したがって、ステージの位置制御を精度良く行うことができる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態を図1～図5に基づいて説明する。図1には、本実施形態に係る露光装置100の全体的な構成が概略的な構成が示されている。なお、この露光装置100は、いわゆるステップ・アンド・スキャン露光方式の投影露光装置である。

【0020】この露光装置100は、照明系IOP、レチクルRを保持するレチクルステージRST、投影光学系PL、ウエハWをXY平面内でXY2次元方向に駆動するステージ装置としてのウエハステージ装置15、及びこれらの制御系等を備えている。

【0021】前記照明系IOPは、光源ユニット、シャッタ、2次光源形成光学系、ビームスプリッタ、集光レンズ系、レチクルブラインド、及び結像レンズ系等（いずれも不図示）から構成されている。この照明系IOPの構成等については、例えば特開平9-320956に開示されている。この照明系10から出力された照明光ILは、折り曲げミラー62で反射された後にレチクルステージRST上に保持されたレチクルR上の矩形（又は円弧状）の照明領域を照明する。

【0022】前記レチクルステージRST上にはレチクルRが、例えば真空吸着により固定されている。このレチクルステージRST上にはレチクルレーザ干渉計（以下、「レチクル干渉計」という）66からのレーザビームを反射する移動鏡64が固定されており、レチクルステージRSTのステージ移動面内の位置はレチクル干渉計66によって、例えば0.5～1nm程度の分解能で常時検出される。

【0023】レチクル干渉計66からのレチクルステージRSTの位置情報はステージ制御系68及びこれを介して主制御装置60に送られ、ステージ制御系68では主制御装置60からの指示に応じ、レチクルステージRSTの位置情報に基づいてレチクル駆動部（図示省略）を介してレチクルステージRSTを駆動する。

【0024】前記投影光学系PLは、レチクルステージRSTの図1における下方に配置され、その光軸AX（照明光学系の光軸IXに一致）の方向がZ軸方向とされている。ここでは両側テレセントリックな光学配置となるように光軸AX方向に沿って所定間隔で配置された複数枚のレンズエレメントから成る屈折光学系が使用されている。この投影光学系PLは所定の投影倍率、例えば1/5（あるいは1/4）を有する縮小光学系であ

る。このため、照明光学系からの照明光ILによってレチクルRの照明領域が照明されると、このレチクルRを通過した照明光ILにより、投影光学系PLを介してその照明領域内のレチクルRの回路パターンの縮小像（部分倒立像）が、表面にフォトリソが塗布されたウエハW上の前記照明領域に共役な被露光領域に形成される。

【0025】前記ウエハステージ装置15は、駆動装置10、ウエハステージ36、冷却制御機71A、及び冷却制御機71Bから構成されている。

【0026】前記駆動装置10は、図2に示されるように、定盤12と、定盤12上に固定されたXガイド14と、定盤12上面及びXガイド14に沿ってX方向に移動可能な移動体16とを含んでいる。

【0027】前記定盤12としては、例えば、鉄に比べ軽量で傷のつき難いアルミナセラミックス製の長方形状のものが使用される。この定盤12の上面は基準面とされている。

【0028】前記Xガイド14としては、例えばアルミナセラミックス製のものが使用される。このXガイド14は、定盤12上のY方向の一端面近傍にX方向に沿って配置されている。このXガイド14のY方向の他端側の面は基準面とされている。

【0029】前記移動体16は、定盤12上にXガイド14に近接してX方向に沿って配置された断面L字状部材から成る第1のYガイド搬送体18と、この第1のYガイド搬送体18から所定距離隔てて当該第1のYガイド搬送体18と平行に定盤12上に配置された細長い板状部材から成る第2のYガイド搬送体20と、これら第1、第2のYガイド搬送体18、20相互間に架設されたY方向に延びる前記Yガイド22とを有している。

【0030】定盤12上のXガイド14のY方向の一端側には、第1のXリニアモータ24の固定子としての電機子ユニット24Aが、Xガイド14に近接してX方向に延設されている。また、定盤12上のY方向の他端部近傍で第2のYガイド搬送体20のY方向の他側には、第2のXリニアモータ26の固定子としての電機子ユニット26Aが、X方向に延設されている。すなわち、本実施形態では、第1、第2のXリニアモータ24、26として、いわゆるムービングマグネット型のリニアモータが使用されている。

【0031】第1のXリニアモータ24の磁界発生ユニットとしての磁極ユニット（可動子）24Bは、連結部材28を介してYガイド22の一端に連結されており、第2のXリニアモータ26の磁極ユニット26Bは、連結部材30を介してYガイド22の他端に連結されている。このため、第1、第2のXリニアモータ24、26の可動子24B、26Bの移動によって移動体16がX方向に駆動されるようになっている。

【0032】Yガイド22のX方向の一端側と他側には、

第1、第2のYリニアモータ32、34の電機子ユニット（固定子）32A、34AがY方向に沿って配置され、第1、第2のYガイド搬送体18、20間に懸架されている。但し、図2では、奥側の第2のYリニアモータの磁極ユニットは図示を省略されている。第1、第2のYリニアモータとしてもムービングマグネット型のリニアモータが使用されている。

【0033】前記ウエハステージ36は、Yガイド22を上下から挟む状態で相互に平行にかつ定盤12の上面（基準面）にはほぼ平行に配置された天板38及び底板40と、これらの天板38と底板40とをYガイド22の両側で相互に連結する一対のY方向軸受体42、42とを有している。これらのY方向軸受体42、42はYガイド22との間に所定の間隙を形成した状態でYガイド22に平行に配置されている。これらのY方向軸受体42、42の外面には、前述した第1、第2のYリニアモータ32、34の磁極ユニット32B、34B（但し、34Bは図示せず）が取り付けられており、Yリニアモータ32、34の電機子ユニット32B、34Bの移動によってウエハステージ36がY方向に駆動されるようになっている。また、Y方向軸受体42の内面には、図示しない空気吹き出し部が設けられている。更に、これらのY方向軸受体42の高さ方向の寸法は、Yガイド22のそれにより大きく設定されている。

【0034】前記天板38は、基板テーブルを兼ねており、この天板38の上面には、定盤12上に固定されたX座標計測用レーザ干渉計44及びY座標計測用レーザ干渉計46から放射されるレーザ光を反射するX移動鏡48、Y移動鏡50及びウエハWが搭載されている。なお、このウエハWは、実際には、上下（Z方向）の移動、およびX、Y、Z軸回りの回転が可能な不図示のZレベルリングステージを介して天板38上に搭載される。そして天板38のステージ移動面内の位置はX座標計測用レーザ干渉計44及びY座標計測用レーザ干渉計46によって、例えば0.5～1nm程度の分解能で常時検出される。

【0035】図1に戻り、X座標計測用レーザ干渉計44及びY座標計測用レーザ干渉計46（図1においては図示せず、図2参照）からの天板38の位置情報はステージ制御系68及びこれを介して主制御装置60に送られ、ステージ制御系68では主制御装置60からの指示に応じ、天板部38の位置情報に基づいて電流駆動装置70から上記の電機子ユニット24A、26A、32A、34Aに供給される電流の向きと大きさを調整することにより、駆動装置10を制御している。

【0036】ここで、電流駆動装置70から電機子ユニット24A、26A、32A、34Aに電流が供給されると、電機子ユニット24A、26A、32A、34Aが発熱する。そこで、電機子ユニット24A、26A、32A、34Aを冷却するために、第1冷媒としての純

水（比抵抗値が $18\text{M}\Omega/\text{cm}^2$ 以上）が前記冷却制御機71Aから駆動装置10に供給されており、また、第2冷媒としてのフロリナートFC-77（住友スリーエム（株）製、フッ素系不活性液体）が前記冷却制御機71Bから駆動装置10に供給されている。なお、駆動装置10を介した純水及びフロリナートFC-77は、それぞれ冷却制御機71A及び冷却制御機71Bに戻されるようになっている。但し、必ずしもこのような冷却液（純水及びフロリナートFC-77）の循環経路を構成することなく、熱吸収後の冷却液を外部に排出するようにしても良い。

【0037】また、ウエハステージ装置15では、いろいろな所に空気噴出部と真空予圧部とを備えた真空予圧型静圧空気軸受が設けられており、かかる空気圧制御のため不図示のエアーポンプがウエハステージ装置15に接続されている。

【0038】更に、図1の装置には、ウエハW表面の露光領域内部分及びその近傍の領域のZ方向（光軸AX方向）の位置を検出するための斜入射光式のフォーカス検出系（焦点検出系）の一つである多点フォーカス位置検出系（図示省略）が設けられている。この多点フォーカス位置検出系の詳細な構成等については、例えば特開平6-283403号公報に開示されている。

【0039】以上のように構成された本実施形態の露光装置100では、レチクルRの走査方向に対して垂直な方向に長手方向を有する長方形（スリット状）の照明領域でレチクルRが照明される。そして、レチクルRとウエハWとが互いに逆方向に同期移動することにより、レチクルRのパターン領域に形成されたパターンの全体がウエハW上のショット領域に正確な投影倍率で転写される。

【0040】次に、図2に示されたウエハステージ装置15に搭載されているリニアモータ24、26、32、34について、図3～図5を参照して説明する。なお、リニアモータ24、26、32、34は、互いに同様に構成されているので、以下ではリニアモータ24を例にとって説明する。

【0041】上述のように、リニアモータ24は、電機子ユニット24Aと磁極ユニット24Bとから構成されている。

【0042】前記磁極ユニット24Bは、図3に示されるように、磁性体から成り、端面の形状がU字状でストローク方向（X軸方向）に延びた磁極ベース72と、磁極ベース72の空隙を隔てて互いに対向する内壁の一侧に埋め込まれた界磁磁石群74と、互いに対向する内壁の他側に埋め込まれた界磁磁石群76とから構成されている。ここで、磁石群74は、露出磁極面がN極の界磁磁石74Nと露出磁極面がS極の界磁磁石74Sとがストローク方向に交互に配列されて構成されている。なお、界磁磁石74Nの露出磁極面と界磁磁石74Sの露

出磁極面とは同一形状であり、ストローク方向の幅

(1) となっている。そして、界磁磁石 74 N と界磁磁石 74 S とは、ストローク方向に幅 (L-1) の空間を隔てて配置されている。また、界磁磁石群 76 は、露出磁極面が S 極の界磁磁石 76 S と露出磁極面が N 極の界磁磁石 74 N とがストローク方向に交互に配列されて構成されている。なお、界磁磁石 74 N の露出磁極面及び界磁磁石 74 S の露出磁極面は、界磁磁石 74 N の露出磁極面又は界磁磁石 74 S の露出磁極面と同一形状となっている。そして、界磁磁石 74 N と界磁磁石 76 S とが、また、界磁磁石 74 N と界磁磁石 76 S とが空隙を隔てて対向するように配置されている。

【0043】このため、界磁磁石群 74 と界磁磁石群 76 との間の空隙は、ストローク方向に沿って周期 L で、ストローク方向の直交方向 (Y 軸方向) の交番磁束が発生している界磁空隙となっている。そして、界磁磁石群 74、界磁磁石群 76、磁極ベース 72、及び界磁空隙によって磁気回路が構成されている。

【0044】なお、本実施形態の磁極ユニット 24 B では、界磁磁石群 74 及び界磁磁石群 76 を磁極ベース 72 に埋め込んだが、磁極ベース 72 の対向する内壁を平坦面とし、界磁磁石群 74 及び界磁磁石群 76 を磁極ベース 72 の対向する内壁に接着剤等で貼り付けて磁極ユニットを構成することもできる。

【0045】前記電機子ユニット 24 A の概略的な構成は、図 4 に示されている。ここで、図 4 (A) は、電機子ユニット 24 A を XZ 面に平行な面による断面図であり、図 4 (B) は、図 4 (A) における A-A 断面図である。

【0046】図 4 に示されるように、電機子ユニット 24 A は、非磁性体の金属あるいは樹脂等からなる電機子ベース 78 と、非磁性体の材質から成り、中空の直方体の一面を開口させた形状を有し、開口部が電機子ベース 78 の +Z 方向側の面に固定されたキャン 80 とを備えている。

【0047】電機子ベース 78 及びキャン 80 で形成された閉空間は、仕切り部材としての仕切り材 81 で冷却空間 83 A と断熱空間 83 B とに区画されている。ここで、ストローク方向に直交する断面を見たときには、図 4 (B) に示されるように、冷却空間 83 A は断熱空間 83 B によって取り囲まれている。仕切り材 81 は、非磁性体である SUS (ステンレス) 等の金属、非導体のプラスチック等の樹脂、あるいはセラミック等からなり接着剤等でキャン 80 に、長手方向両端が固定されており、冷却空間 83 A 側の壁面は、その壁面に沿った純水の流れが乱流となる表面粗さに加工されている。また、仕切り材 81 の断熱空間 83 B 側の壁面は鏡面加工されている。そして、冷却空間 83 A に、N 個の扁平コイル 84 A₁、…、84 A_N からなる扁平コイル群 84 A と、扁平コイル群 84 A の +Y 方向側に不図示の N 個の扁平

コイル 84 B₁、…、84 B_N からなる扁平コイル群 84 B とが配置されている。

【0048】各扁平コイル 84 A_i、84 B_i (i=1~N) (以下、任意の 1 つを「扁平コイル 84」という) は同様に構成されており、その概略的な構成が図 5 に示されている。ここで、扁平コイル 84 を図 4 (A) の紙面手前側から見たときを正面視として、その正面図が図 5 (A) に、右側面図が図 5 (B) に、また、平面図が図 5 (C) に示されている。なお、図 5 においては、作図の関係で巻数が 3 の場合を示しているが、通常、電線は幅 L/3 に比べて十分に細いものであるので、巻き数は 3 よりも大きい数となる。

【0049】図 5 (A) ~ (C) から総合的に明らかのように、扁平コイル 84 は、正面視において所定幅の六角形状となる平面状コイルである。より具体的には、電線 90 が、正面視において、Z 軸方向の両端部が 2 頂点となる六角形状に巻かれ、前述の磁極ユニット 24 B における交番磁束の周期 L のほぼ 1/3 (=L/3) の幅の辺を有し、中空部のストローク方向 (X 軸方向) に関する最大幅がほぼ 2L/3 となるように構成されている。また、扁平コイル 84 は、コイル中心を通るストローク方向に延びる軸に対してほぼ線対称となる六角形を形成するように構成されている。

【0050】この結果、磁極ユニット 72 が形成するストローク方向に沿った周期 L の交番磁束が発生している界磁空隙中に、扁平コイル 84 が配置され、電流駆動装置 70 から扁平コイル 84 に電流 (I) が供給されると、各辺に発生するローレンツ電磁力の合力として扁平コイル全体にはストローク方向と平行な力のみが働く。かかる扁平コイル 84 に働く力の向き及び大きさは、電流駆動装置 70 から扁平コイル 84 に供給された電流の向き及び大きさ並びに扁平コイルと交番磁界と位置形関係によって決まることになる。

【0051】また、扁平コイル 84 は、Z 軸方向の両端部において折り返されているが、この折り返し部において電線 90 が断線しないように緩やかに折り曲げている。この結果、特に図 5 (B) に明瞭に表されるように、折り返し部のそれぞれにおいて、その内部にストローク方向に延びる空間 92₁、92₂ が形成されている。

【0052】以上のような扁平コイル 84 は、コイル用の電線 90 を巻いて、中空部の形状が六角柱状となるコイルを作製後、そのコイルを平面状に押し潰すことによって製造することができる。

【0053】図 4 に戻り、扁平コイル群 84 A は、上記のように構成された扁平コイル 84 A_i が、ストローク方向に沿って、扁平コイル 84 A_i の Z 軸に平行な辺が隣接するように順次並べられて構成される。扁平コイル群 84 A は、各扁平コイル 84 A_i の空間 92₁ を貫通する線状支持部材としての支持線材 86 A₁ 及び各扁平コイル 84 A_i の空間 92₂ を貫通する線状支持部材として

の支持線材 86A₂によって支持されている。そして、支持線材 86A₁、86A₂の一端はスペーサ 82Aを介してキャン 80に固定され、他端はスペーサ 82Bを介してキャン 80に固定されている。

【0054】また、扁平コイル群 84Bは、扁平コイル群と同様に、扁平コイル 84B_iが、ストローク方向に沿って、扁平コイル 84B_iのZ軸に平行な辺が隣接するように順次並べられて構成される。そして、扁平コイル群 84Bは、扁平コイル群と同様に、一端がスペーサ 82Aを介してキャン 80に固定され、他端がスペーサ 82Bを介してキャン 80に固定された支持線材 86B₁、86B₂によって支持されている。

【0055】なお、支持線材 86A₁、86A₂、86B₁、86B₂のキャン 80への固定は、スペーサ 82A、82Bを介さずに溶接等によって直接固定してもよい。また、支持線材 86A₁、86A₂、86B₁、86B₂に張力をかけた状態で、支持線材 86A₁、86A₂、86B₁、86B₂をキャン 80に固定してもよい。

【0056】支持線材 86A₁、86A₂、86B₁、86B₂の材質としては、剛性が高く、熱伝導率の低い金属、セラミック、プラスチック等の樹脂などが好ましい。例えば、高張力ワイヤ（ばね鋼、ピアノ線等）、被覆導線、ナイロン線、金属のより糸等がある。また、ペルチェ素子を用い、支持線材 86A₁、86A₂、86B₁、86B₂に冷却機能を持たせることも可能である。また、支持線材 86A₁、86A₂、86B₁、86B₂に形状記憶合金を用いれば、キャン内部の冷媒の温度、もしくはコイルの使用温度に応じて、扁平コイル 84の保持状態を調節することもできる。

【0057】更に、導電性の支持線材 86A₁、86A₂、86B₁、86B₂を用いることにより、各扁平コイル 84への電氣的配線として利用することもできる。この場合には、キャン内部において別途の電気配線を簡素化することができる。

【0058】また、キャン 80には、冷却空間 83Aに冷却効果の高い冷媒である純水を供給するための流入口 88A及び冷却空間 83Aから純水を排出するための流出口 89Aが設けられている。そして、図 1に示される冷却制御機 71Aから純水が流入口 88Aを介して冷却空間 83Aに送り込まれ、該冷却空間 83Aを通過するときに扁平コイル 84A_i、84B_iとの間で熱交換を行う。かかる熱交換にあたって、仕切り材 81の冷却空間 83A側壁面は、上記のように純水流が乱流化するように表面粗さに加工されているので、純水流のレイノルズ数が臨界レイノルズ数よりも大きな乱流化となりやすい。純水流が乱流の場合、固体-液体間熱伝達係数は層流の場合に比べて大きく（十〜数十倍）、迅速な除熱がなされる。扁平コイル 84A_i、84B_iで発生した熱を吸収して高温となった純水が流出口 89Aを介して外部に排出されるようになっている。こうして、流出口 89

Aを介して排出された純水は液通路を介して前記冷却制御機 71Aに戻され、ここで再び冷却されて冷却空間 83Aに送り込まれるようになっている。

【0059】また、キャン 80には、断熱空間 83Bにフロリナート FC-77を供給するための流入口 88B及び断熱空間 83Bから純水を排出するための流出口 89Bが設けられている。そして、図 1に示される冷却制御機 71Bからフロリナート FC-77が流入口 88Bを介して断熱空間 83Bに送り込まれ、該断熱空間 83Bを通過するときに仕切り材 81との間で熱交換を行う。仕切り材 81の断熱空間 83B側壁面は上記のように鏡面加工されており、断熱空間 83Bにおけるフロリナート FC-77の流れにおいて乱流が発生しにくくなっている。仕切り材 81から吸収した熱がキャン 80に到達する前に、フロリナート FC-77が流出口 89Bから排出される。こうして、流出口 89Bを介して排出されたフロリナート FC-77は液通路を介して前記冷却制御機 71Bに戻され、ここで再び冷却されて冷却空間 83Aに送り込まれるようになっている。

【0060】リニアモータ 24では、電機子ユニット 24Aの各扁平コイル 84A_i、84B_iへ供給する電流を電流駆動装置 70が制御することにより、各扁平コイル 84A_i、84B_iに発生するローレンツ電磁力の反力によって磁極ユニット 24Bが駆動される。かかる磁極ユニット 24Bの駆動においては、扁平コイル群 84A、84Bの各扁平コイル 84A_i、84B_iの電流経路辺の幅 L/3が磁極ユニット 24Bにおける交番磁束の周期 Lのほぼ 1/3であることから、ストローク方向に順次配列された扁平コイル 84A_i、又は扁平コイル 84B_iの連続する 3つから成る扁平コイル組に対して、3相電流が電流駆動装置 70によって供給される。

【0061】以上のように構成された本実施形態のリニアモータ 24では、電機子ユニット 24Aの各扁平コイル 84A_i、84B_iに電流を供給しつつ、電機子ユニット 24Aの冷却空間 83Aに各扁平コイル 84A_i、84B_iの冷却用の冷媒である純水を供給するとともに、断熱空間 83Bに各扁平コイル 84A_i、84B_iで発生した熱の断熱用の冷媒であるフロリナート FC-77を供給することにより、冷却と断熱とを効率良く行うことができる。したがって、冷媒の流路を狭めつつ所望の冷却と断熱とを効率的に行うことができる。

【0062】このため、磁極ユニット 24Bを従来と同様に構成し、また界磁空隙の幅も従来と同様にしたとき、界磁空隙における磁束密度を低下させずに電機子ユニット 24Aのコイル 84A_i、84B_iの電線の巻数を増加させることができ、有効電線長を長くすることができる。一方、電機子ユニット 24Aの扁平コイル 84A_i、84B_iの電線の巻数を従来と同様とした場合には、界磁空隙の幅を狭めることができ、有効電線長を短くすることなく界磁空隙の磁束密度を増加させることができ

る。したがって、リニアモータの推力性能を向上することができる。

【0063】また、ストローク方向に直交する断面を見たときに冷却空間83Aが断熱空間83Bによって取り囲まれるように、電機子ベース78とキャン80とで形成された閉空間を仕切り材81によって区画したので、ストローク方向の直交方向に関する扁平コイル84A₁、84B₁で発生した熱の外部への漏れを効果的に低減できる。

【0064】したがって、リニアモータ24及びこれと同様に構成されたリニアモータ26、32、34を駆動力の発生源として使用する本実施形態のウエハステージ装置15では、光干渉計による位置検出精度の低下の原因となるウエハステージ装置15の周囲の空気に熱による揺らぎや、ウエハステージ装置15自身を構成する部材を含む露光装置100の構成部材の熱膨張を効果的に抑制することができる。したがって、ウエハステージ装置15に搭載されたウエハWの位置制御を精度良く行うことができる。

【0065】そして、上述のように構成された本実施形態の投影露光装置100によれば、ウエハステージ装置15によって精度の良いウエハWの位置制御が行われるので、露光精度を向上して、レチクルRに形成されたパターンをウエハWのショット領域に転写することができる。

【0066】なお、上記の実施形態においては、冷却空間83Aに供給される冷却用冷媒として純水を使用した。冷却用冷媒としては、熱伝導率が高く、比熱が大きく、熱容量が大きな冷媒、すなわち冷却効果が高い冷媒であれば使用可能である。また、断熱空間83Bに供給される断熱用冷媒としてフロリナートFC-77を使用した。熱伝導率が低く、比熱が小さく、熱容量が小さな冷媒、すなわち断熱効果が高い冷媒であれば使用可能である。なお、流速等を調整することにより、冷却用冷媒と断熱用冷媒とを同一の冷媒とすることもできる。さらに、上記実施形態では電機子コイルの冷却用に冷却液を使用した。冷媒となる流体であれば気体冷媒を使用することが可能である。

【0067】また、上記の実施形態においては、冷却空間83A内の冷却にあたっては冷媒として純水を供給しているが、他の熱交換手段、例えば冷却空間83Aの周囲の仕切り部材81等に配設されたヒートパイプ等によって、冷却空間83A内を冷却することも可能である。

【0068】また、上記の実施形態においては、ウエハステージ装置15に扁平コイルを線状支持部材によって支持したリニアモータを適用したが、これらと同様の構成のリニアモータをレチクルステージRSTに適用することも可能である。この場合には、レチクルステージRSTの周囲の空気に熱による揺らぎやレチクルステージRSTを構成する部材の熱膨張を抑制しつつ、大きな推

力で駆動することができる。したがって、レチクルステージRSTに搭載されたレチクルを迅速にY軸方向に移動することができるとともに、レチクルRの位置決めを精度良く行うことができる。

【0069】また、上記の実施形態では、リニアモータの構成において、電機子ユニットを固定子とし、磁極ユニットを可動子としたが、電機子ユニットを可動子とし、磁極ユニットを固定子とすることも可能である。

【0070】また、上記の実施形態では、扁平コイルの形状を六角形状としたが、ストローク方向に配列可能な形状であれば、他の形状とすることが可能である。更に、扁平コイルの電流経路辺の幅を磁極ユニットによる交番磁束の周期の1/3とし、3相電流を供給することにしたが、電流経路辺の幅を磁極ユニットによる交番磁束の周期の1/n (nは、2以上かつ3以外の整数)とし、n相電流を供給することにしても推力性能を向上することができる。

【0071】また、上記の実施形態では、扁平コイルを使用した。扁平コイルに代えて例えば巻線ボビンに巻かれたコイルを使用することも可能である。更に、コイルの支持部材は線状部材に限定されず、例えば板状部材としてもよい。

【0072】また、上記の実施形態では、仕切り部材として1つの部材81であって、その断面形状が閉図形となるものを使用した。仕切り部材による区画はこれに限定されない。すなわち、電機子ユニットとして、幅を狭めたい又は冷媒流路の幅がとれない等の事情により断熱機能を高める必要がある方向について、冷却空間とキャンとの間に断熱空間を形成する区画であればよい。例えば、磁束方向についての冷媒流路の幅を狭めたい場合には、図6に示されるように、2枚の仕切り部材81₁、81₂によって、冷却空間83Aと2つの断熱空間83B₁、83B₂とに区画することも可能である。なお、この場合には、2つの断熱空間83B₁、83B₂ごとに冷媒の流入口88B₁、88B₂及び流出口（不図示）を設けることが必要となる。

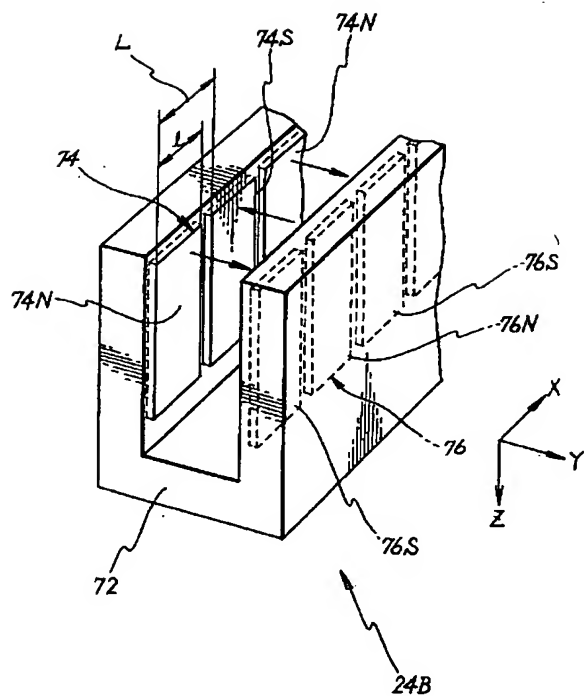
【0073】また、上記の実施形態では、磁極ユニットの界磁磁石に永久磁石を使用した。永久磁石に代えて永久磁石と同様な方向に磁力線を発生する電磁石を使用することも可能である。

【0074】また、本発明は、ローレンツ電磁力を駆動力とする場合に限定されず、例えば可変磁気抵抗方式等の電機子コイルを使用する電磁アクチュエータについて適用が可能である。

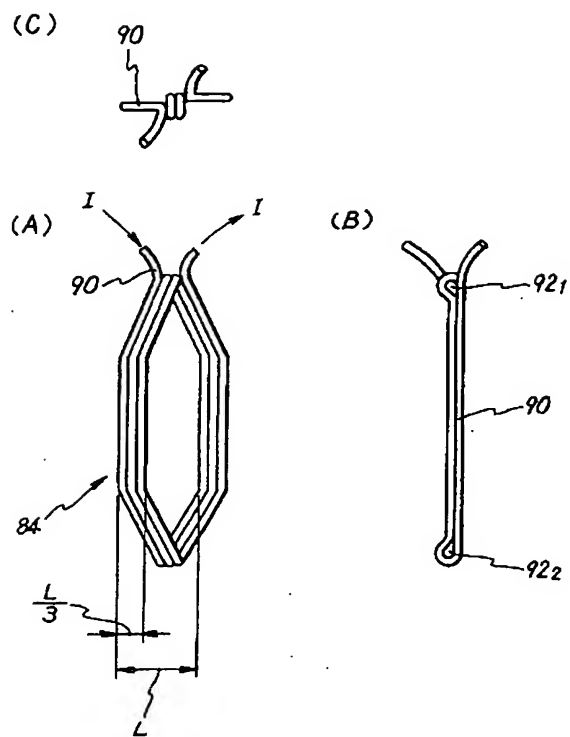
【0075】また、本発明は、紫外線を光源にする縮小投影露光装置、波長10nm前後の軟X線を光源にする縮小投影露光装置、波長1nm前後を光源にするX線露光装置、EB（電子ビーム）やイオンビームによる露光装置などあらゆるウエハ露光装置、液晶露光装置等に適用できる。また、ステップ・アンド・リピート機、ステ

[illegible]

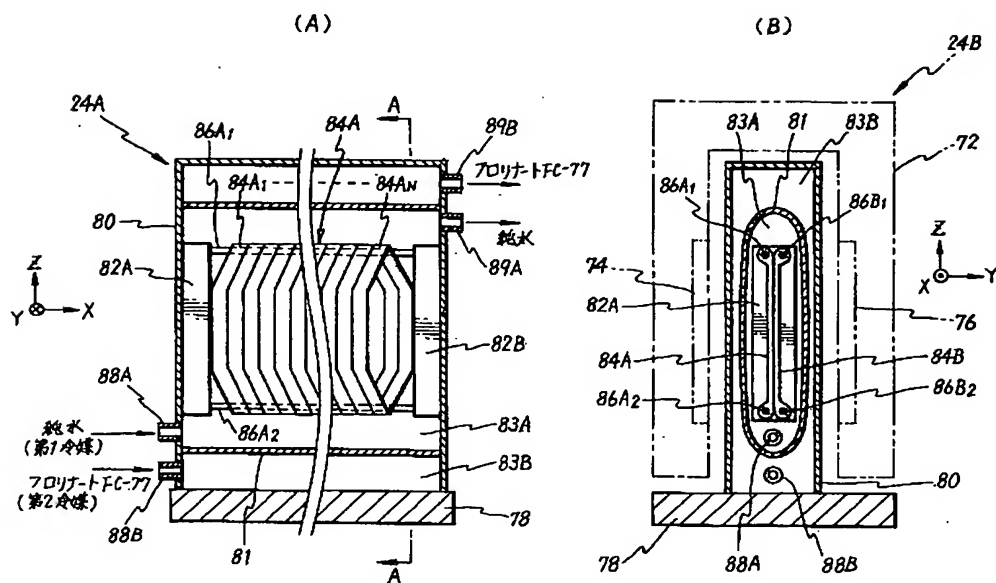
【図3】



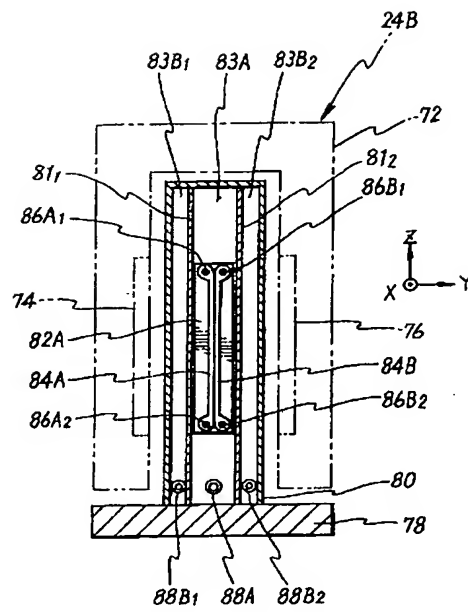
【図5】



【図4】



【図6】



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第2区分

【発行日】平成17年10月13日(2005.10.13)

【公開番号】特開2000-114034(P2000-114034A)

【公開日】平成12年4月21日(2000.4.21)

【出願番号】特願平10-281865

【国際特許分類第7版】

H01F 7/06

【FI】

H01F 7/06

B

【手続補正書】

【提出日】平成17年6月2日(2005.6.2)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

内部空間を有し、該内部空間に電機子コイルを収納する電機子ユニットを備える電磁アクチュエータにおいて、

前記内部空間には、前記電機子コイルを収納し、少なくとも一部が冷却される冷却空間と、前記内部空間を外部空間と断熱する断熱空間とを形成する仕切り部材が配設されていることを特徴とする電磁アクチュエータ。

【請求項2】

前記冷却空間は所定方向に延びた空間であり、少なくとも前記所定方向に直交する任意の断面で見たときに、前記冷却空間は前記断熱空間によって取り囲まれていることを特徴とする請求項1に記載の電磁アクチュエータ。

【請求項3】

前記冷却空間には冷媒が供給され、前記仕切り部材の前記冷却空間側の壁面は、少なくともその壁面に沿った前記冷媒の流れが乱流となる表面粗さとされていることを特徴とする請求項1に記載の電磁アクチュエータ。

【請求項4】

前記仕切り部材の前記断熱空間側の壁面は、鏡面加工されていることを特徴とする請求項1に記載の電磁アクチュエータ。

【請求項5】

ステージを所定の移動面に沿って移動させるステージ装置であって、

請求項1～4のいずれかに記載の電磁アクチュエータを含み、前記ステージを駆動する駆動装置と；

前記電磁アクチュエータの前記冷却空間及び前記断熱空間に、それぞれ冷媒を供給する冷媒供給装置とを備えるステージ装置。

【請求項6】

前記冷却空間に供給する冷媒と、前記断熱空間に供給する冷媒とは互いに異なる物性を有することを特徴とする請求項5に記載のステージ装置。

【請求項7】

前記冷媒供給装置は、前記冷却空間と前記断熱空間とに、それぞれ異なる流速で冷媒を供給することを特徴とする請求項5又は6に記載のステージ装置。

【請求項8】

電機子コイルと、前記電機子コイルを内部空間に収納する収納部材とを備える電磁アクチュエータにおいて、

前記内部空間の少なくとも一部を、前記電機子コイルが配置される第一空間と、前記第一空間以外の第二空間とに分割する仕切り部材を備える電磁アクチュエータ。

【請求項 9】

前記第一空間は前記電機子コイルを包囲するよう形成され、前記第二空間は前記第一空間を包囲するよう形成される請求項 8 に記載の電磁アクチュエータ。

【請求項 10】

前記第一空間および前記第二空間にそれぞれ液体が導入される請求項 8 又は 9 に記載の電磁アクチュエータ。

【請求項 11】

電機子コイルと、前記電機子コイルを内部空間に収納する収納部材とを備える電磁アクチュエータにおいて、

前記電機子コイルと前記収納部材との間に前記内部空間を区画する仕切り部材を備える電磁アクチュエータ。

【請求項 12】

前記仕切り部材は、前記内部空間を、前記電機子コイルに沿って延在する空間と、前記収納部材に沿って延在する空間とに区画する請求項 11 に記載の電磁アクチュエータ。

【請求項 13】

ステージを所定の移動面に沿って移動させるステージ装置であって、

請求項 8 ～ 12 のいずれかに記載の電磁アクチュエータを含み、前記ステージを駆動する駆動装置と、

前記電磁アクチュエータの前記内部空間に、冷媒を供給する冷媒供給装置とを備えるステージ装置。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0017】

本発明のステージ装置は、ステージ（38）を所定の移動面に沿って移動させるステージ装置であって、前記ステージ（38）を駆動する請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の電磁アクチュエータ（24、26、32、34）を含む駆動装置（10）と；前記電磁アクチュエータ（24、26、32、34）の前記冷却空間（83A）及び前記断熱空間（83B）に、それぞれ冷媒を供給する冷媒供給装置（71A、71B）とを備える。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0018】

これによれば、冷媒供給装置が、本発明の冷却空間及び断熱空間に、それぞれ冷媒を供給しつつ、駆動装置が本発明の電磁アクチュエータによってステージを移動させる駆動力を発生するので、電磁アクチュエータのコイルの冷却と断熱とが効率良く行われ、ステージの周囲の空気に熱による揺らぎやステージの熱膨張を抑制しつつステージを駆動することができる。したがって、ステージの位置制御を精度良く行うことができる。

この場合において、冷却空間に供給する冷媒と、断熱空間に供給する冷媒とは互いに異なる物性を有するものとすることができる。また、冷媒供給装置は、冷却空間と断熱空間とに、それぞれ異なる流速で冷媒を供給することもできる。また、本発明に係る第二の電磁アクチュエータは、電機子コイル（84A₁、…、84B₁、…）と、その電機子コイル

を内部空間に収納する収納部材（８０）とを備える電磁アクチュエータにおいて、その内部空間の少なくとも一部を、電機子コイルが配置される第一空間（８３Ａ）と、第一空間以外の第二空間（８３Ｂ）とに分割する仕切り部材（８１、８１_１、８１_２）を備えるものである。これによれば、内部空間が第一空間と第二空間とに分割されるので、電機子コイルの発熱が外部空間に伝達するのを効果的に抑制することができる。この場合において、第一空間は電機子コイルを包囲するよう形成され、第二空間は第一空間を包囲するよう形成されたものとすることができる。また、第一空間および第二空間にそれぞれ液体が導入されてもよい。また、本発明に係る第三の電磁アクチュエータは、電機子コイル（８４Ａ_１、…、８４Ｂ_１、…）と、その電機子コイルを内部空間に収納する収納部材（８０）とを備える電磁アクチュエータにおいて、その電機子コイルとその収納部材との間に内部空間を区画する仕切り部材（８１、８１_１、８１_２）を備えるものである。これによれば、内部空間が複数の空間に区画されるので、電機子コイルの発熱が外部空間に伝達するのを効果的に抑制することができる。この場合において、仕切り部材は、内部空間を、電機子コイルに沿って延在する空間（８３Ａ）と、収納部材に沿って延在する空間（８３Ｂ、８３Ｂ_１、８３Ｂ_２、…）とに区画するものとすることができる。また本発明の他のステージ装置は、ステージ（３８）を所定の移動面に沿って移動させるステージ装置であって、本発明に係る第二または第三の電磁アクチュエータ（２４、２６、３２、３４）を含み、ステージを駆動する駆動装置（１０）と、その電磁アクチュエータの内部空間に、冷媒を供給する冷媒供給装置（７１Ａ、７１Ｂ）とを備えるものである。これによれば、駆動装置から外部への放熱を効果的に抑制することができ、ステージの移動性能を高く維持することができる。